

# 第五章、滯留性的水

第一節、截留、地面吸收的水分及其歸宿

第二節、窪蓄、池塘、湖泊、地面水庫

第三節、冰雪、冰川(固體水庫)

# 第一節、截留、地面吸收的水分及其歸宿

## 一、截留(interception)的定義

- 1.雨、雪等降落地面，在接觸土壤之前，受植物、建築物、柏油、水泥物等的阻擋，減少水降落土壤的量，或減緩水降落土壤的速度，阻擋降水落下的作用稱之為截留。經截留後，以蒸發形式損失的降水量稱截留量。
- 受植物攔截的截留形式稱為**植被截留**
- 2.植被截留的觀測和計算
  - (1)室內實驗
  - (2)現場觀測

## 二、植被截留的過程與形式

1. 樹雨 (drop) : 樹冠截留滴落 → 土壤表面 → 入滲 (Infiltration)。
- 2. stemflow (莖流、樹幹流或幹流) : 樹冠截留 → 附著葉、枝向下流動 → 林床 (接地樹幹或其間下凹處) → 附著樹幹 (莖) 向下流動 → 林床。
- 3. 穿透流 (throughflow) : 樹冠的空隙直落林床的降水。
- 林內雨量 = (drop + Troughflow)
- 林外雨量 = 樹冠上的降雨量或林中空地上的雨量 = 雨量計所觀測到的雨量

### 三、截留損失

- 1. **截留損失**(interception loss) = 樹冠截留轉換成**蒸發**的量稱之。
- **截留損失(樹冠截留的量) = 林外雨量—林內雨量(穿透流) —樹幹流**
- 2. **濕葉蒸發**(wet leaf evaporation)=**截留損失 + 蒸散**
- 3. **截留能力**(Interception capacity)
- 用以表示在某一地區的某種地表構造下，截留損失量對林外降雨量的百分比，易言之，係指單位降雨量截留能力的大小。
- **截留能力=(截留損失量 / 林外雨量) × 100%**

## 四、影響植被截留量的因素

- 1.地表乾濕情形
- 2.氣象因素
  - (1)風速：風速大時，增加截留損失量及截留能力。
  - (2)降雨延時：降水期間長，有較長時間的蒸發散，截留損失量累積較多。
  - (3)降水頻率：降水頻率高，相對濕葉能吸收的水量少，單位時間的截留損失量也少。
  - (4)降雨強度：降雨強度愈大時，截留能力也愈小。毛毛細雨時使截留能力增加。
- 3.樹種：天然林 > 人工林；闊葉林 < 針葉林。年截留量在多小雨地區的森林大，多雨地方少。

## 五、地面吸收的水分及其歸宿

- 1.降雨損失(rainfall losses)=截留損失 + 植物蒸散 + 地面蒸發
- 熱帶森林的降雨損失量可達年降雨量的30%，乾燥區或植被稀疏區，此種損失量則較低。
- 2.入滲(infiltration)：水分由地表進入土壤的過程稱之。
- 3.下滲(percolation)：進入地表下後，水分受重力影響而向下移動到地下水層稱之。
- 4.地中逕流(subsurface flow)
- 地中流主要透過側滲(interflow or lateral flow)的形式流到河川，構成洪水的主要來源
- 5.基流(base flow)：地下水流到河川的水量

蓮華池5號試驗集水區降雨量與逕流量關係圖

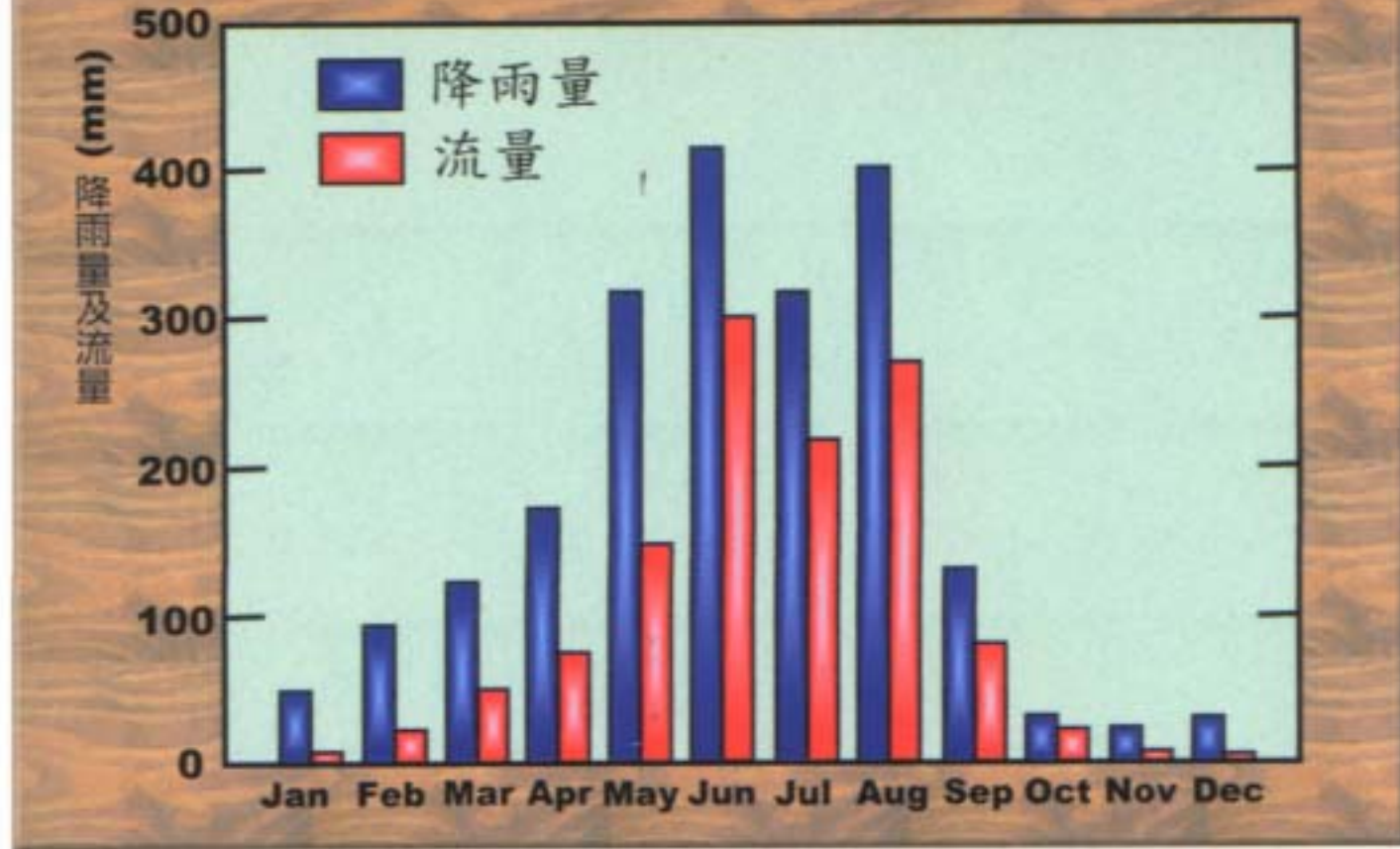


圖 27. 蓮華池 5 號試驗集水區降雨量與逕流量關係圖，因亞熱帶地區植物終年繁茂，較不易顯現森林蒸發散所消耗的水分

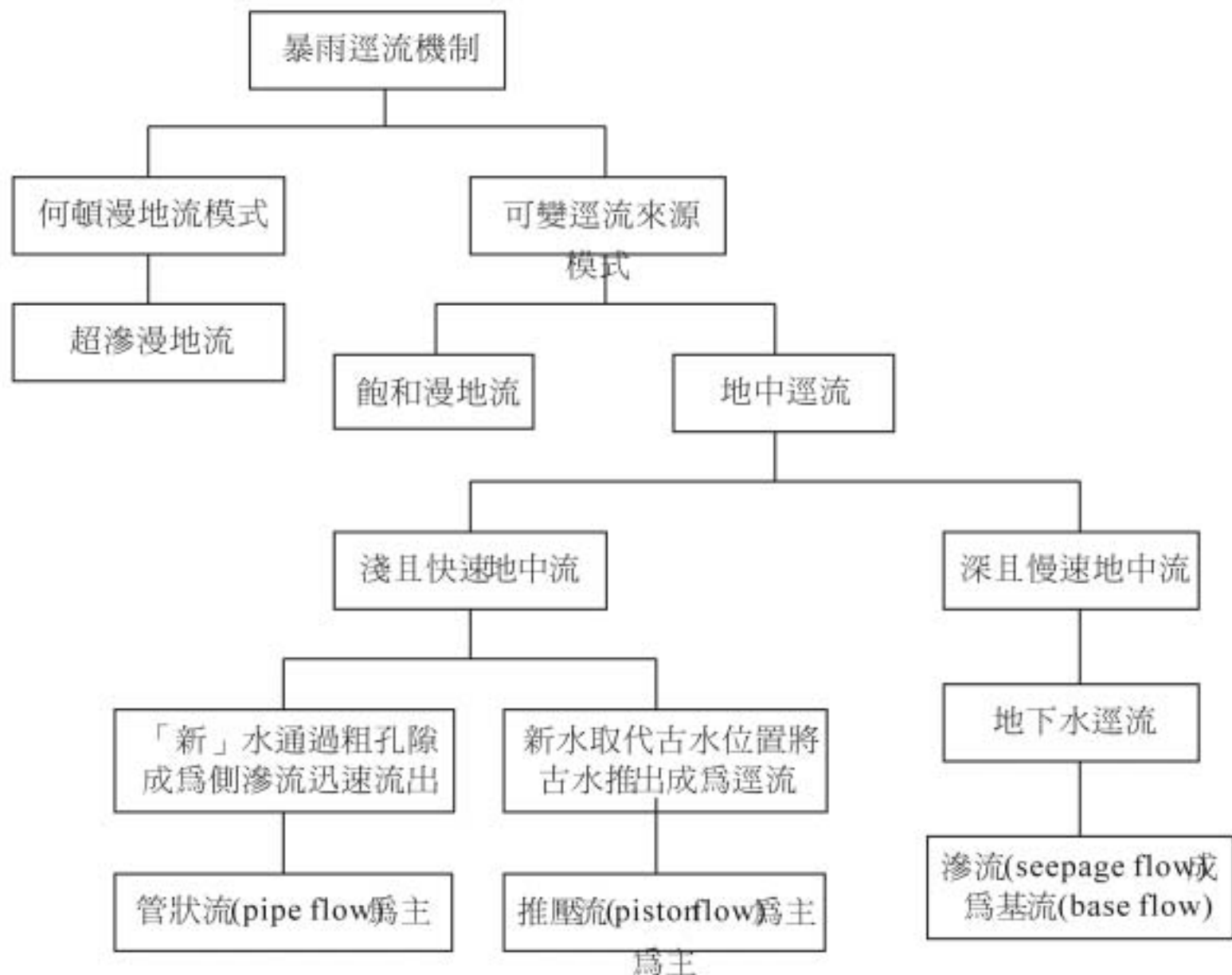
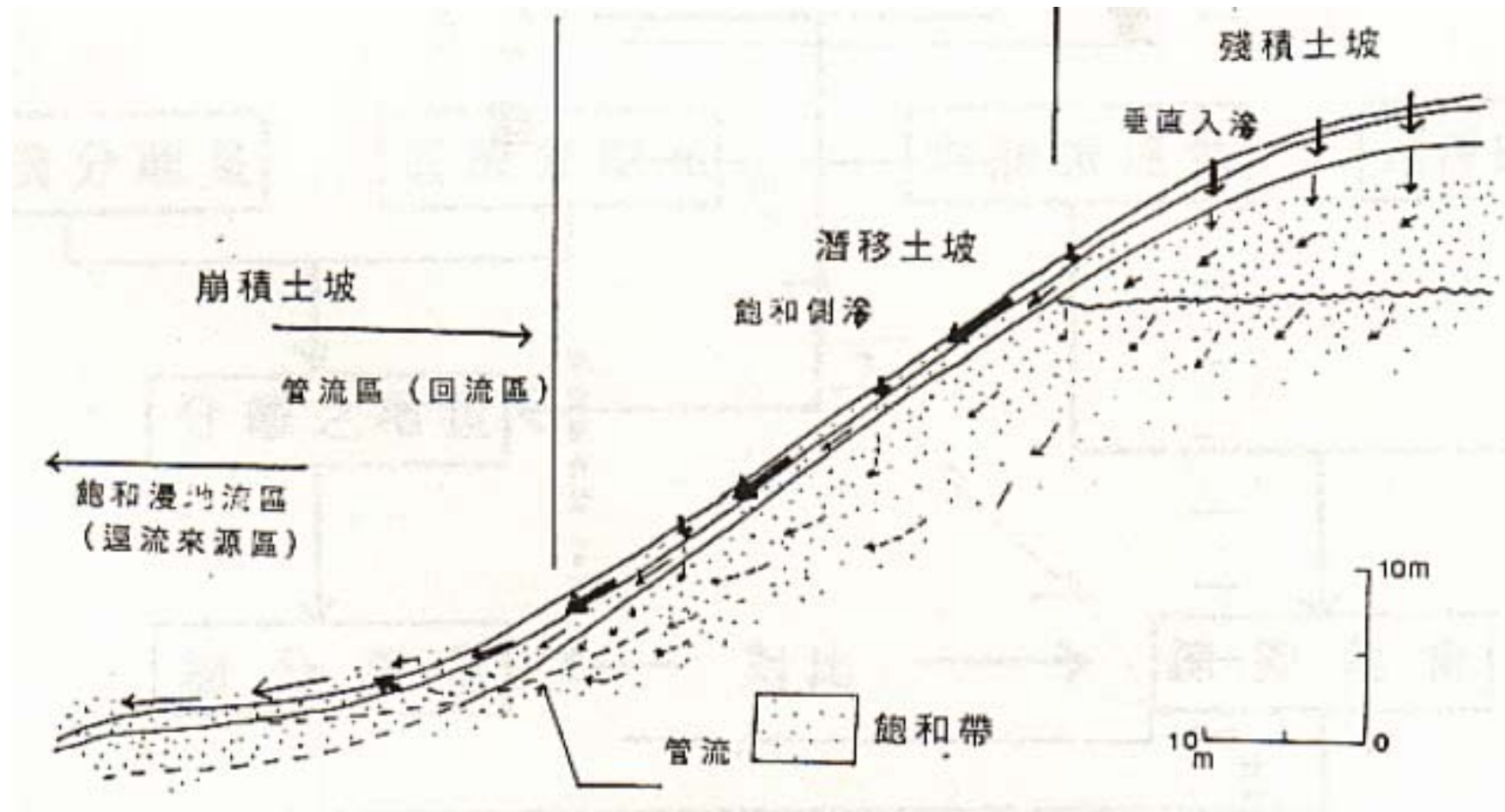


圖1-2、坡地暴雨逕流模式





## 第二節、窪蓄—積水、沼澤、湖泊

- 一、窪蓄(depression storage)定義
- 1.大範圍的積水稱為澇；長期積水不消，水淺者稱沼澤；水深者稱湖泊。這些滯留性的窪地蓄水通稱為「窪蓄」。
- 2.沼澤：沼澤在概念上包括：濕地、濕原、泥沼地等。因其上有沼生與濕生植物，加上常年排水不良，有機物分解不佳，久而久之底部往往堆積成泥炭層。泥炭層若經長時間的地質作用，可轉變為含煤層。
- 3.濕地(wet land)：濕地是具有半水半陸的陸濱相天然生態系統，是最具生態多樣性的生態系統。

## 二、湖泊

- 1.湖泊係指水深較大( $\geq 5\text{m}$ )的窪蓄，常常為一封閉生態系統。
- 2.湖泊的種類
- (1)按溶解質的濃度分：淡水湖、鹹水湖、鹽湖。
- (2)按湖盆成因分類湖泊：
  - A.按地質作用力區分：
  - B.按地形成因區分：

- 3.湖盆(lake basin)形態
- (1)湖盆圖(bathymetric charts)：湖泊的等深線圖，以錘測和音響測深，繪製而成的等值線。
- (2)最大深度(maximum depth)：湖之最大深度通常在湖中心，以高水位時的深度為最大深度。
- (3)長度(length)：湖岸上任意兩點所能連結直線的最大長度稱之。
- (4)寬度(breath)：與湖泊長度大致垂直的最大值。
- (5)潛窪（虛地）(depth of crytdepressin)：湖盆在海平面以下的深度，又稱「虛地」。
- (6)湖岸線(shore line)：湖水與陸地交界線，用求距儀求之。
- (7)表面積(surface area)：高水位時湖岸線所圍的面積，用求積儀或方格法求之。
- (8)容積(volume)：湖泊容量。

- 4.湖盆地形

- (1)湖棚(uferbank beine)、湖底平原與湖棚崖(halde)：湖岸邊坡度緩降的湖盆稱為湖棚湖底中心的平坦部位稱為湖底平原；湖棚與湖底平原交界的陡崖稱為湖棚崖。
- (2)湖成階地(lacustrine terrace)：長期水位變或地殼運動所形成，表示過去曾有長期水位較低的時刻。
- (3)湖底水道：可分為兩種成因
  - 過去水位較低時，因河流流入所成之谷延伸於湖中。
  - 注入河川的侵蝕湖底成湖底谷。
- (4)湖成三角洲與沖積扇：

- 4.湖水溫與湖水循環
- 湖水溫成層現象：溫帶一般大小的湖泊，於夏季時水溫常隨深度增加而遞減，而使水溫成垂直變化的現象。自上而下有：
  - 表水層(epilimnion)、
  - 溫躍層(hermocline or metalimnion)
  - 深水層(hypolimnion)
- 5.湖水循環：溫帶湖水季節循環期：
  - (1)夏季停滯期：
  - (2)秋季循環期：
  - (3)冬季停滯期：
  - (4)春季循環期：

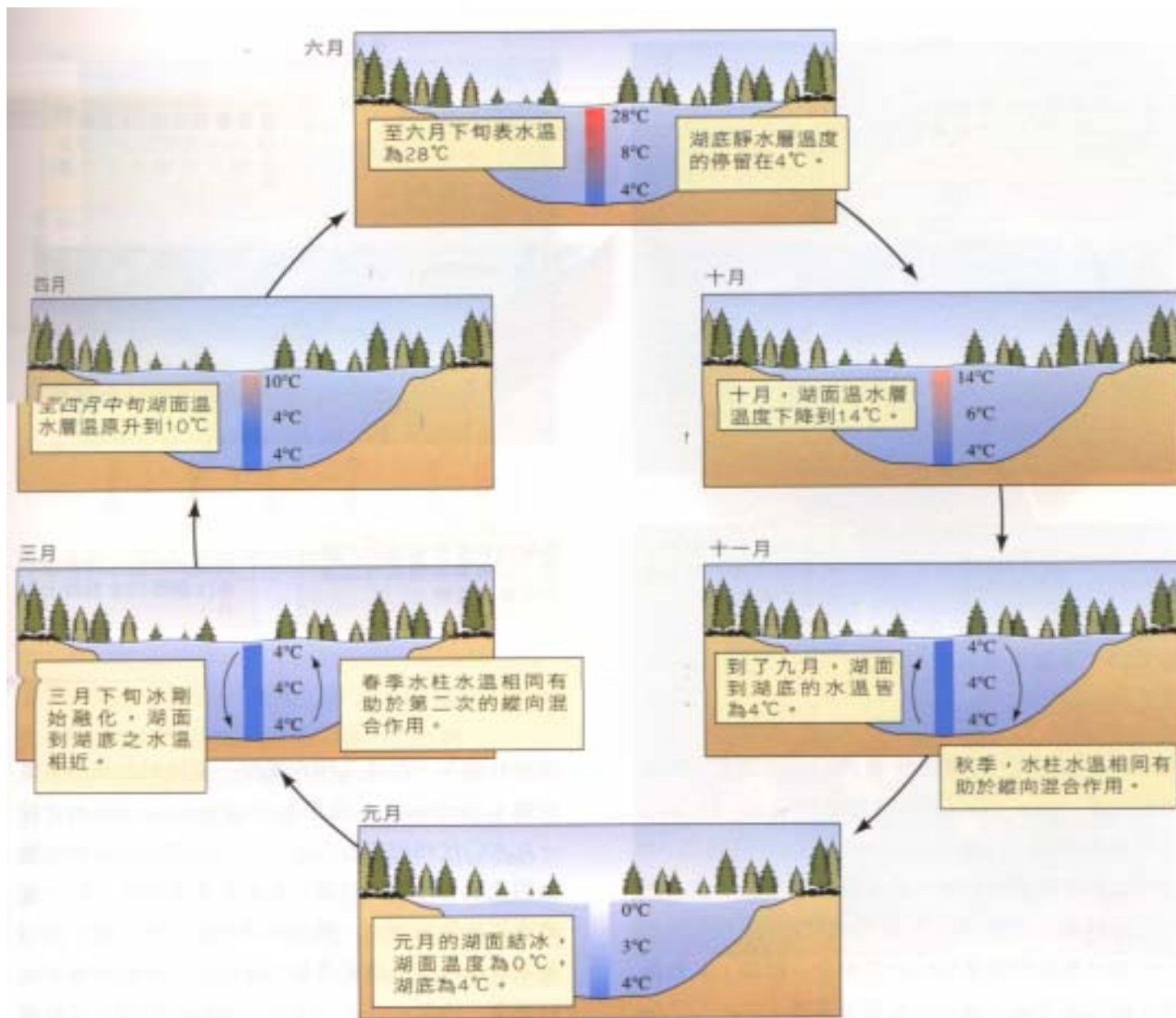


圖3.38 一個溫帶湖泊的季節性水溫變化 (資料取自Wetzel 1975)。

- 6.湖泊之生產力

- (1)湖泊之營養成份：

- ●調和湖泊型：為生產有關營養鹽的比例。
- ●非調和湖泊型：湖水中的營養鹽偏於某些成份的湖泊。

- (2)湖泊型的演變：

- ●貧營養湖→中營養湖→富營養湖→草原、濕原、沼澤地。
- ●貧營養湖→腐植營養湖→沼澤地。

- (3)湖泊之優養化(eutrophication)：因過度輸入生物所需N、P、K等營養鹽類使藻類及浮游生物迅速繁殖，不斷消耗溶於水中的氧，使水質惡化，造成魚類及其他生物死亡。



- 7.卡爾森(Carlson)優養指數
- $TSI(Chl) = 9.81 \ln(Chl-a) + 30.6$
- $TSI(TP) = 14.42 \ln(TP) + 4.15$
- $TSI(SD) = 60 - 14.41 \ln(SD)$
- Chl-a = 葉綠素-a之濃度 ( ppb )
- TP = 總磷濃度 ( ppb )
- SD = 透明度 ( m )
  
- 卡爾森優養指數(CTSI) =  $[ TSI(Chl) + TSI(TP) + TSI(SD) ] / 3$
- 貧養 :  $CTSI < 40$
- 中養 :  $40 < CTSI < 50$
- 優養 :  $CTSI > 50$

### 三、人造窪蓄—水庫

- 1.水庫的壩型：重力壩、土石壩、拱型壩、拱壁壩、土壩
- 2.水庫與所在河流的關係
  - (1)在槽式與離槽式水庫：主要集水區與水庫大壩同在一條河流上稱為「在槽水庫」；主要集水區與大壩「不」在同一條河流上，稱為「離槽水庫」。
  - (2)水庫並聯水源運用與水庫串聯水源運用：
- 3.水庫的功用與分布的空間特性
  - (1)水庫的功用：給水、灌溉、防洪、發電、旅遊、綜合功用。
  - (2)臺灣水庫的功用與分布的空間特性：與氣候特性和水資源量呈現一致性。

- 4.水庫開發的環境問題
- (1)改變流域的水文環境與生態環境：
- (2)增加地質災害與巨大洪水威脅的危險性：
- (3)改變地形侵蝕輪迴的階段性：
- (4)史蹟的淹沒與自然景觀：
- (5)與人口遷移的困境：

#### 四、人造窪蓄—埤塘

- 1.埤塘的區位特性
- (1)丘陵性埤塘：小河谷以土壩直接截斷水源，故多呈與河谷平行之條形小土壩；
- (2)臺地性埤塘：位於局部高地形成與河谷平行長條狀
- (3)平原性埤塘：相對分水嶺處或沖積扇扇端湧泉
- (4)海岸地帶：地下水位高，埤塘分布較為隨機

- 2.桃園臺地埤塘
- (1)桃園臺地多埤塘景觀之原因：臺地面地勢高、地下水位較低且侷限，引水不易，而臺地之土壤質地偏黏重易於保水，有利於埤塘景觀的形成。
- (2)地質特性對埤塘型態的影響：桃園臺地的埤塘大部份位於紅土礫石層上部的紅土層，並分布於分水嶺處略帶下凹之淺皿地形地點。
- (3)地形特性對埤塘型態的影響：地形的坡度及高度由東向西遞減，造成埤塘之規模面積由東向西增大，而埤塘數量則由東向西減少。

- (4)過去埤塘與水田面積之比大約為1：3。在日治時期桃園大圳完工後，桃園臺地之東北半部，迅速水田化，而埤塘也隨之合併面積增加，減少數量。同樣地在民國50年代，石門大圳完工後，桃園臺地之西南半部，亦發生水田化革命，而埤塘也隨之合併面積增加，減少數量，相較於日治初期約減少了85%。
- 目前屬桃園農田水利會所有的埤塘有285口，有效蓄水量約46,530,000m<sup>3</sup>；屬石門農田水利會所有的埤塘有460口，有效蓄水量約10,920,000m<sup>3</sup>合計有埤塘745口，有效蓄水量約57,450,000m<sup>3</sup>。

- (5)臺地上水源取得不易，必須發揮水資源使用的有效性。臺地上的埤塘均上、下游串聯，在上游由於氣候上較為避風，且位於灌溉水的「水頭」位置，耕作期較早，水田灌溉所剩的餘水引入較下游的埤塘，依序漸次播種插秧淡水漁產亦配合埤塘放水捕撈。
- 3.臺地土地利用三部曲
- (1)昔日多旱田或茶園（中北部）利用，因地勢高亢引水不易，且土壤肥沃度極低，水稻栽培效益低。
- (2)現代化以後由於上游水庫興建，帶來較豐富的灌溉水源，及化學肥料的使用某一程度的改善土質，水田成為主要的農業景觀。
- (3)工業化以後由於臺地地勢平坦、聚落較稀疏、地價較便宜、相對於都市位置不偏遠，故發展成工業區與郊區住宅區（竹南以北的工業走廊尤為明顯）、新市鎮（如林口新市鎮、高雄大坪頂計畫區等）或遊樂區。

- 4.埤塘之功能

- (1)埤塘除了灌溉外，尚有養魚（提供動物類蛋白質）；提供飲用水源；提高並維護地下水源；淨化水質；淤泥可作為有機肥及魚塭件材；改善氣候等功能，頗有人文生態功能。
- (2)埤塘淨化水質之功能：埤塘可做為污水處理的「氧化池」(oxygenation pond)，池塘上層可進行好氣性生物分解（氧化環境）；池塘下層可進行嫌氣性生物分解（缺氧環境），尤以有流動且串連的池塘分解效果為佳

# 第三節、冰雪、冰川(固體水庫)

## 一、積雪與冰川的形成過程與特性

- 1.「高山固體水庫」積雪與冰川在「降水—逕流」系統中均屬於滯留性水體，內陸乾燥地區的水資源大半是依賴積雪與冰川，全球淡水水資源約有70-80%在積雪與冰川上，故冰川是寶貴的。
- 2.積雪、粒雪變質成冰的過程
  - 融化凍結變質作用、等溫變質作用、溫度梯度變質作用等。
- 3.冰川的區位：大陸型與海洋型



- 3.冰川融雪逕流及其作用
- (1)冰川消融與氣溫：冰川融雪熱源主要來自太陽輻射，冰川融雪之時間與速率受氣溫控制；在相同氣溫條件下，乾燥地區冰川的消融較濕潤地區強，但逕流水深則是濕潤地區高於乾燥地區。
- (2)冰川融水逕流：冰面逕流、冰下逕流、冰內逕流的形式與季節分布。

## 二、冰川的逕流水量

- 1冰川區逕流：冰川融水逕流除了明顯的季節變化外，也有顯著的日變化，但氣溫升降與水位升降有時差（延滯時間）。
- 2冰川區之逕流係數
- 逕流係數( $\alpha$ )= $R / P$
- $=[\text{逕流量}(\text{m}^3)] / [\text{降水量}(\text{m}^3)]$
- $=[\text{逕流水深}(\text{mm}) / \text{降水量}(\text{mm})]$

- 3.中國的冰川融水資源

- 中國大陸的冰川約有43,000條，覆蓋面積約58,650km<sup>2</sup>，冰儲量約5.13×10<sup>12</sup>m<sup>3</sup>，約為亞洲冰川總量之半。中國之冰川年平均融水資源總量約563×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>，約等於黃河流入渤海年河川逕流量之平均值。

- 4. 冰川水資源的評價

- 冰川溶水是乾旱地區最主要的水源，是綠洲的命脈。
- (1)高山冰川區的「**濕島**」作用：
- (2)為「高山固體水庫」：有調節大外流河河川水流量年變化之功用。
- (3)環境測試之功能：冰川的發育和動態隨氣候波動而變化，由不同層次冰川或粒雪中的礦物、有機物、苞粉、氣體等組成、含量及分布，可作為環境變化的測試指標。
- (4)高山冰川加劇了山區河川逕流量的年內分配不均。

### 三、中國西北部冰川區暖化的趨勢與影響

- 1.1987-2000年較1961-1986年間中國西北年平均氣溫上升了0.7°C
- 2. 1987-2000年較1961-1986年間，南疆地區的降水量增加22%；北疆地區則增加33%；河西及青海部分地區增加10-20%。
- 中國西北降水量增加的原因：全球暖化驅動水循環加快，南方海洋水汽輸入；西風帶勢力變強。
- 3.1987-2000年新疆河川平均逕流量較1956-1986年增加7%（ $62.1 \times 10^8 \text{m}^3$ ）。
- 4.逕流增加，使湖面擴大、湖水位上升。
- 5.降水及逕流增加導致：洪水災害頻率及強度增加